

回転円板法によるBOD除去・硝化に関する研究

鹿児島高専 正 ○西留 清 脇田浩一

鹿児島高専 正 森山克美 内村昭敏

1. はじめに 実際の下廃水には有機性浮遊物や難分解性有機物等が含まれるため、有機物の酸化速度や硝化速度を定量化することは困難である。このため、回転円板法の浄化機構の解明にあっても、これまでは主に硝化菌、あるいは脱窒菌の単一生物膜を用いた研究がなされてきた^{1)~3)}。しかしながら、渡辺等⁴⁾はこれまでの回転円板法に関する一連の研究成果を基礎として、付着生物膜内に好気性栄養細菌と硝化菌が共存する場合の有機物酸化速度と硝化速度の関係について酸素輸送律速の場合におけるモデル式を提案した。そこで本報では、回転円板法による実廃水のBOD除去、硝化に関する基礎的知見を得ると共に、これに渡辺等のモデルの観点から検討を加え、更に、実廃水を対象とするとき考慮しなければならない浮遊物の挙動についても検討を加えたものである。

2. 実験装置と実験方法 実験に使用した回転円板装置および傾斜板沈殿槽は鹿児島高専下水処理場に設置された。同装置のフローシートと採水点を図-1に、諸元を表-1に示す。円板槽は鋼板製で2段直列、円板体はPVC製で水の流れる軸直角である。流入下水として前記処理場への流入水を約10m³の貯留槽に汲み上げた水を用いた。採水した試料についてはT_{OC}、BOD、SS、NH₄-N、pH等を測定した。円板浸漬率は33%である。

3. 実廃水における回転円板法の処理特性 円板槽内の処理水水質が流入下水のT_{OC}等の日間変動によりどの程度変動するか把握するための通日試験を行った。図-2、3はそれぞれNH₄-NとT_{OC}(含SS)の日間変動の状況である。これらの図から流入下水の水質変動が、処理水水質に影響を及ぼしていることが認められる。表-2に通日試験の平均NH₄-N除去率と硝化率等を示した。図-4-(a)には通日試験の浮液T_{OC}とSS、図-4-(b)にはNO₂-NとNO₃-Nの和とNH₄-Nを各採水点における平均値で示した。SSを含んだT_{OC}は円板1槽で38%、2槽で35%除去されるが、浮液T_{OC}は円板1槽で62%、2槽で8%となる。これらのことは図-4からも明らかのように円板1槽では主に他栄養細菌により有機炭素が除去され、円板2槽では主に硝化反応が生じることを示している。

4. 渡辺等⁴⁾のモデルによる解析 生物膜での生物反応が酸素律速の場合、生物膜への酸素供給量(F_o)と膜内での酸素消費量は等しい。したがって、生物膜への酸素供給速度は生物膜内での硝化に起因する酸素Flux($a_n F_n$)と生物膜内での有機物酸化に起因する酸素Flux($a_c F_c$)で決まる。硝化菌による単一生物膜を用いた回転円板法では生物膜内で硝化されたNH₄-Nと等量の酸素が主に気相から付着水膜を通して生物膜へ輸送されるので⁵⁾、最大硝化Flux($F_{n,max}$)が得られている場合には式-(1)が成立する。

$$F_o = a_n F_{n,max} = a_n F_n + a_c F_c = a_c F_{c,max} \quad \text{----- (1)}$$

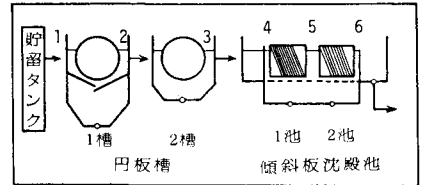


図-1 実験装置と採水点

表-1 回転円板装置の諸元

	1 槽	2 槽
円板直径 (cm)	500	500
円板厚 (mm)	3.0	3.0
円板有効面積 (m ²)	22.7	21.6
円板枚数 (枚)	62	59
円板槽容量 (l)	147	130

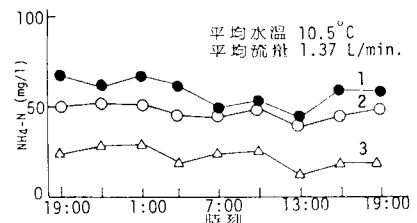
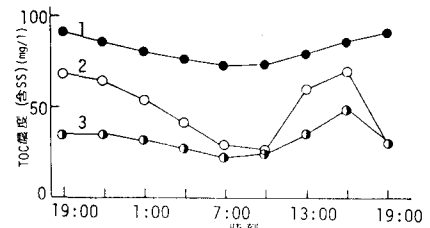
図-2 NH₄-Nの経時変化

図-3 TOCの経時変化

表-2 通日試験

	NH ₄ -N 除去率 (%)	硝化率 (%)	浮液F _c (g/m ² hr)	F _n (g/m ² hr)	a _n F _n +a _c F _c (g/m ² hr)
1 槽	20.7	12.0	0.136	0.025	0.24
2 槽	53.3	40.6	0.007	0.071	0.30

a_n は化学量論的には硝化が硝酸型の場合に4.57、亜硝酸型の場合に3.47である。本実験では平均 $\text{NO}_2\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}=0.56$ であったので a_n は4.16とした。次に a_c の評価について述べる。有機物の指標としてTOCを用いると、 $a_c=\text{BOD}_5/\text{TOC}_5$ として求まる。ここで、 TOC_5 はBOD測定期間の5日間に減少したTOCと定義する。 $\text{TOC}_5=\alpha\cdot\text{TOC}$ とする。 $(0\leq\alpha\leq 1)$ 以上のことより $a_c=(\text{BOD}_5/\text{TOC})/\alpha$ となる。 BOD_5/TOC は図-5より1.7となり $a_c=1.7/\alpha$ を得る。したがって本実験では式-(1)は、次式となる。

$$F_0=a_n F_N+a_c F_C=4.16 F_N+1.7 F_C/\alpha \quad (2)$$

$\alpha=1$ の場合、式-(2)より容解性有機物に由来する酸素 Flux と硝化に由来する酸素 Flux は表-2となる。硝化実験から求めた $0.32 \text{ g/m}^2\text{h}$ (10°C 全円板面積基準)に第2槽は比較的近い値を示している。今後は、 α を実測することにより、正確な酸素 Flux を求める必要がある。図-7は水温 $10\sim 20^\circ\text{C}$ における円板1槽でのBOD Flux と液本体BOD濃度の関係である。図中の実線は渡辺等⁴⁾が人工下水を用いた実験値に基づく曲線、破線は本実験の結果である。人工下水の結果より本結果が小さいのは本実験に用いた下水の分子拡散係数が人工下水に比べ低い α が1以下と考えられる。

5. 傾斜板沈殿池による浮遊物除去特性 回転円板法処理水の最終沈殿池流出水は活性汚泥法に比べてSS濃度が高く、SS由来のBOD濃度も高いと言われている。そこで図-1に示すように円板2槽後に傾斜板沈殿池を設けSS由来の有機物除去を行った。図-8-(b)によると第1傾斜板沈殿池ではSSが平均 11.5 mg/l 除去され第2池では 3.0 mg/l 除去された。2段流出水中にSS濃度が 16.5 mg/l あるが、SS成分由来のTOCは 6 mg/l (0期)である。傾斜板沈殿池にはSS成分による付着生物膜が形成され、溶解性TOCも除去されると考えられる。傾斜板付着生物膜は長期間洗浄はなくても安定したSS除去を得たが、付着生物膜から溶出したと考えられる溶解性有機炭素は高くなる場合もあった。

6. あとがき 実廃水における回転円板法の処理特性を検討した結果2槽直列回転円板法では1槽で主に他栄養細菌による有機炭素が除去され、2槽では硝化反応が生じる。有機炭素に由来する酸素 Flux と硝化に由来する酸素 Flux の和は、生物膜へ輸送される酸素 Flux にほぼ等しいと考えられる。したがって、実廃水の生物膜内有機物酸化速度と有機物の分子拡散係数が明らかになれば、任意の操作条件における有機物酸化率と硝化率の定量化ができると考えられる。有機物を多く含む回転円板法処理水中のSS成分は沈殿池のおいては除去されにくいと言われているが傾斜板沈殿池等により除去すると効果的であると考えられる。

- 参考文献—
 1) 渡辺,石黒,西留:回転円板法の浄化機構に関する研究(I),下水協会誌, Vol.15, No172, pp.24~34, 9(1978)
 2) 渡辺,石黒,西留:回転円板法の浄化機構に関する研究(II) 下水協会誌, Vol.17, No175, pp.14~23, 8(1980)
 3) 渡辺,石黒,西留:回転円板脱窒槽の動力学的解析,土木学会論文集,第276号, pp.25~33, 8(1978)
 4) 渡辺, C. Thanantaseth: 回転円板法における有機物酸化および硝化過程の解析, 下水協会誌, Vol.19, No221, pp.52~62
 5) 西留, 島田, 東: 回転円板法の浄化機構に関する研究, 昭和57年度土木学会西部支部研究発表会講演要録, 2(1983)

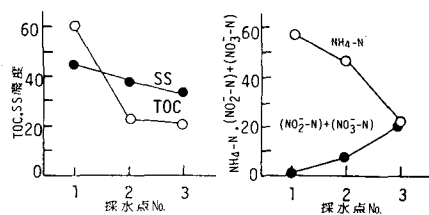


図-4 通池試験 (平均値)

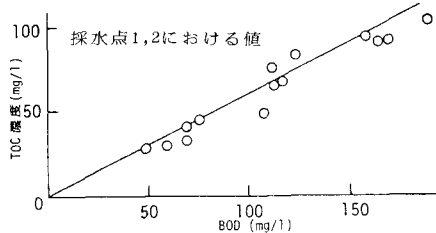


図-5 TOC濃度とBOD濃度の関係

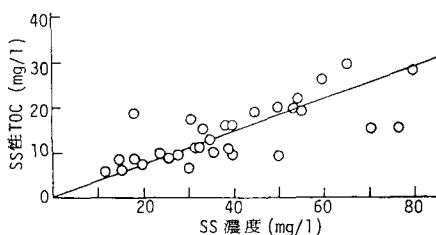


図-6 SS成分の有機炭素

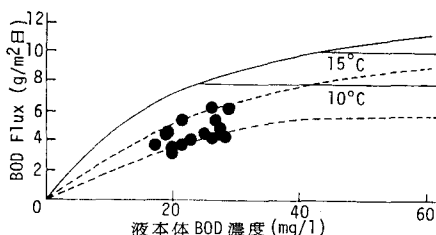


図-7 BOD Fluxと液本体BOD濃度の関係 (経日試験)

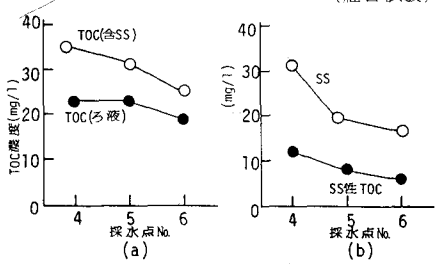


図-8 通池試験 (平均値)